

DGNSS über Internet und Mobilfunk: Der EUREF Ntrip-Broadcaster

Denise Dettmering, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Frankfurt am Main

1 Einleitung

Die Echtzeitnutzung von GNSS-Korrekturdaten für mobile Positionierung und Navigation erfordert die kontinuierliche Übertragung der Daten über ein geeignetes Medium. Momentan werden dazu zumeist exklusiv genutzte Wege wie beispielsweise der 2m-Funk oder die GSM Telefonleitung verwendet. Eine weitere Möglichkeit stellt das Internet dar. Es existieren heutzutage bereits sehr leistungsfähige Kommunikationsleitungen mit einer breiten Palette an Zugangsmöglichkeiten (sowohl leitungs- als auch funkbasiert), die für immer geringer werdende Kosten mitgenutzt werden können. Für die Verbreitung anderer Echtzeit-Datenströme, wie beispielsweise das Internet Radio, hat sich diese Technik bereits durchgesetzt. Auch für die Übertragung von GNSS-Daten bietet sich dieses moderne Übertragungsmedium an. Die für den Datenempfang notwendige Hardware (z.B. ein handelsüblicher Pocket PC) ist bereits weit verbreitet und nicht abhängig vom jeweiligen Bereitsteller der GNSS-Daten.

Zwar ist die Bereitstellung und das Abrufen einzelner Datenströme auf dem Internet sehr einfach, zum Aufbau eines operationellen Services zur deutschland- oder europaweiten Abgabe von GNSS-Daten sind allerdings weitergehende Überlegungen notwendig. Um möglichst viele Nutzer zeitgleich bedienen zu können, einen hohen Sicherheitsstandard für die Datenprovider zu gewährleisten und zudem den Datenempfang unabhängig von Schutzmechanismen wie Firewall und Proxy-Server zu ermöglichen, hat das BKG in Zusammenarbeit mit der Universität Dortmund ein HTTP-basiertes Broadcaster-Konzept und das Kommunikationsformat Ntrip entwickelt.

Die Entwicklung und der Betrieb des Internet-Dienstes erfolgt im Rahmen des europäischen Referenznetzes EUREF. Es ist geplant ein vernetztes System aus mehreren europaweit verteilten Broadcastern aufzubauen, von denen autorisierte Nutzer Daten verschiedener Netzwerke via Internet und/oder Mobilfunk abrufen können. Zur Zeit existiert ein Broadcaster, der vom BKG betrieben wird. Er läuft im Testbetrieb seit einigen Monaten kontinuierlich und stellt interessierten Nutzern neben Korrekturdaten einiger EUREF-Stationen auch diverse andere GNSS-Daten zur Verfügung.

Der vorliegende Beitrag beschreibt diesen EUREF Ntrip-Broadcaster, wobei vor allem auf die verfügbaren Datenströme, ihre Laufzeitverzögerungen, Verfügbarkeiten und Genauigkeiten eingegangen wird. Daneben wird das eingerichtete Überwachungssystem sowie die benötigte Hardware und die zur Verfügung stehenden Softwaretools zum Datenempfang vorgestellt.

2 Das Ntrip Broadcaster Konzept

Die klassische Internetkommunikation beruht zumeist auf einem Server/Client-Konzept. Für die GNSS-Korrekturdatenabgabe bedeutet dies im einfachsten Fall die Abgabe des Echtzeitdatenstroms aus einem Empfänger oder einer Vernetzungssoftware mit Hilfe geeigneter Server-Software auf das Internet, von wo die Daten mittels eines Client-Programms wieder abgegriffen werden.

Für einen operationellen Dienst, der die Verbreitung mehrerer hundert Datenströme an tausende Nutzer zeitgleich zum Ziel hat, sind allerdings weiterreichende Systemkonzepte wünschenswert, die vor allem auch sicherheitstechnische Überlegungen einbeziehen. Aufbauend auf dem Konzept der erfolgreich betriebenen Internet Radio Technologie wird deshalb eine Systemarchitektur verwendet, die sich aus drei Komponenten zusammensetzt: Zwischen den Datenquellen (NtripServer) und den Datenempfängern (NtripClients) wird ein

Splitter integriert, der sogenannte NtripCaster (im folgenden meist Broadcaster genannt), der die Aufgabe hat, die Vervielfältigung und Verteilung der Datenströme abzuwickeln. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten erfolgt über das „Networked Transport of RTCM via Internet Protocol“ (Ntrip), ein HTTP-basiertes TCP Protokoll, das sich derzeit in einer Standardisierungsphase im RTCM-Komitee 104 befindet.

Nähere Informationen zum Systemdesign und dem verwendeten Protokoll sind bei [Gebhard, H. (2003)] in diesem Tagungsband zu finden.

3 Verfügbare Daten

Momentan liefern sieben Stationen des EUREF Permanent Network (EPN) GPS-Korrekturdaten zusätzlich zu den RINEX-Dateien als Echtzeitdatenströme über das Internet. Daneben werden Daten aus sieben weiteren Netzwerken (IGS, GREF, ...) auf dem EUREF Ntrip Broadcaster bereitgestellt.

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Datenströme wächst ständig. Anfang Oktober 2003 können etwa 130 verschiedene Echtzeitströme empfangen werden. Neben Korrekturdaten im RTCM-Format (insgesamt 71, davon 31 mit Trägerphaseninformationen) werden auch Rohdaten (61) und RTCA-Daten (2) bereitgestellt. Hauptsächlich handelt es sich um GPS Daten, aber auch GLONASS und EGNOS Messungen werden angeboten. Dabei stammen 95 Datenströme aus Deutschland, 20 aus den USA und der Rest aus europäischen Staaten außerhalb Deutschlands.

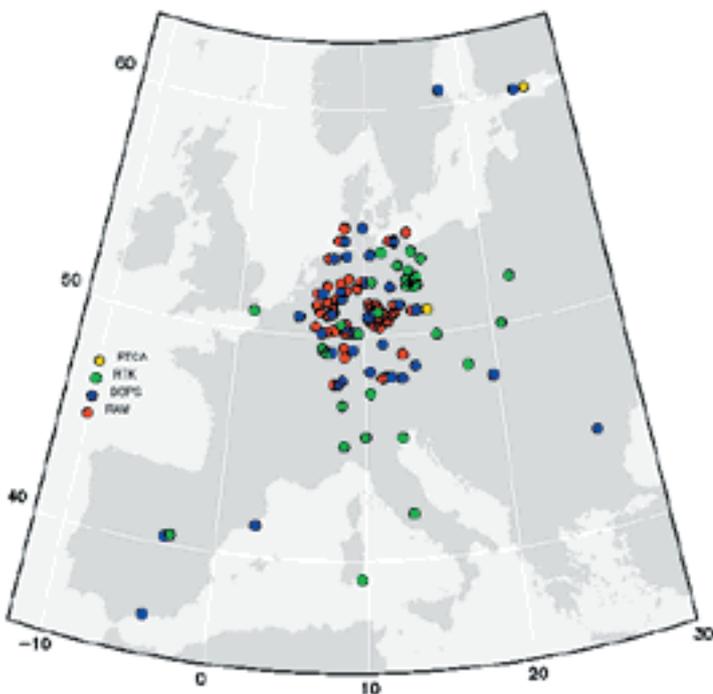


Abbildung 1: Europäische Datenströme, Status 06.10.2003

Die Daten sind momentan für alle interessierten Einzelnutzer kostenfrei über das Internet abrufbar. Lediglich eine Registrierung ist notwendig, um die Daten empfangen und verarbeiten zu können. Drei Datenströme unterschiedlichen Formates aus Frankfurt am Main sind als Demo-Daten ohne Kennwortschutz abrufbar.

Bei Ntrip handelt es sich um ein vollständig offenes Format, so dass jedem Anwender die Möglichkeit gegeben ist, sich ohne Probleme seine eigene Client-Software zu programmieren. Mit dem sogenannten „GNSS Internet Radio“ stellt das BKG zusätzlich eine Beispielimplementation (Windows und Windows CE) zum Empfang der Datenströme zur Verfügung. So lassen sich die Datenströme ohne große Vorarbeiten direkt auf einem PC mit Internetverbindung oder einem Pocket PC mit Mobilfunkverbindung (beispielsweise über ein GPRS-Modem oder ein Mobiltelefon) empfangen [vergl. Abb. 2] und über serielle Schnittstelle oder TCP-Port an einen GPS-Empfänger oder eine Vernetzungssoftware weitergeben.



Abbildung 2: GNSS Internet Radio auf Compaq iPAQ Pocket PC und Nokia D211 Funkkarte

Für die Datenabgabe stehen ebenfalls entsprechende Softwaretools kostenfrei zur Verfügung [Ntrip Website].

4 Zugriffsstatistiken

Die Entwicklung von Ntrip und der dazugehörigen Software läuft seit etwa zwei Jahren und steht kurz vor dem Abschluß. Der EUREF Ntrip Broadcaster arbeitet seit mehreren Monaten überwiegend zufriedenstellen im Dauerbetrieb. Die Zahl der Datenquellen und der Nutzer steigt beständig.

4.1 Anzahl der Nutzer

Bis Anfang Oktober 2003 wurden bereits 105 Nutzerkennungen vergeben. Jeder Zugriff auf den Broadcaster wird registriert und mit allen wichtigen Daten (wie z.B. Zugriffszeit und Datenmenge) archiviert. Dies erlaubt neben Kontrolle und Abrechnungsmöglichkeit auch eine gute Übersicht über das Nutzerverhalten.

Im September 2003 haben 59 registrierte Nutzer in insgesamt mehr als 12.500 Stunden etwa 17 GB Daten über den EUREF Ntrip Broadcaster empfangen. Die durchschnittliche Zugriffszeit lag bei ca. 17 Minuten. Die Anzahl der aufgebauten Datenübertragungen betrug 44.000. Ein erheblicher Teil der Nutzung der Datenströme ist allerdings auf Testarbeiten zurückzuführen, die durch den Betreiber des Broadcasters ausgeführt wurden, um Belastungssituationen sicher beherrschen zu können.

4.2 Verfügbarkeit der Datenströme

Um die Zuverlässigkeit des Broadcasters zu untersuchen, überprüft ein auf einem unabhängigen Rechner laufendes Monitoring-System kontinuierlich die Verfügbarkeit des Casters und der einzelnen Datenströme. Die dabei ermittelten Werte beinhalten neben den eigentlichen Datenausfällen auch Netzausfälle des Monitor-Rechners.

Die dokumentierten „Ausfallzeiten“ des Broadcasters bleiben in der Regel unterhalb von 3 %, wobei sich hier hauptsächlich Probleme des Monitor-Rechners widerspiegeln. Lediglich ein geringer Anteil davon ist auf Probleme des Casters selbst oder seines Internetzugangs zurückzuführen. Nach der Umstellung auf ein professionelles Server-Hosting in einem Rechenzentrum ist mit einer noch deutlich höheren Verfügbarkeit zu rechnen.

Die Verfügbarkeit der einzelnen Datenströme ist je nach Provider sehr unterschiedlich. Der prozentuale Ausfall der Ströme insgesamt liegt zur Zeit bei ca. 5% pro Tag. Einzelne Netzwerke unterschreiten diesen Wert deutlich und bleiben unterhalb von 1% Ausfällen.

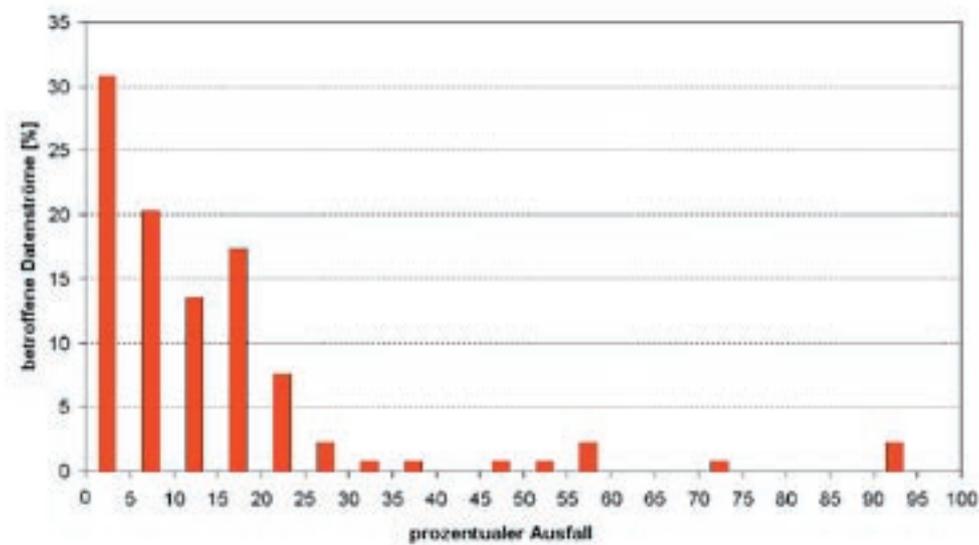


Abbildung 3: Datenstromverfügbarkeit im September 2003

Im September 2003 konnte der Broadcaster in 3% der Zeit nicht vom Monitorrechner erreicht werden. Über die Hälfte aller Datenströme war zu 90% der Zeit verfügbar, 10% sogar über 99%. Nur etwa 10% der Ströme war in mehr als 30% der Zeit nicht zu erreichen.

Zusätzlich dokumentiert das Monitoring-Systems die Ausfälle einzelner Datenströme mittels sogenannter „Notice Advisory to Broadcaster Users (NABU)“. Diese werden nach einem Ausfall von mehr als 15 Minuten erstellt und automatisch per email an die jeweils zuständigen Provider verschickt. So ist jederzeit ein zeitnahes Eingreifen bei Problemfällen möglich. Auch andere Ereignisse im Zusammenhang mit dem Broadcaster (beispielsweise Wartungsarbeiten) lassen sich auf diese Weise leicht an alle Betroffenen verteilen. Die erzeugten Meldungen werden archiviert und können auf der [Ntrip Website] eingesehen werden.

5 Laufzeiten und Genauigkeiten

Bei jeder Echtzeitübertragungstechnik für GNSS-Daten sind die Laufzeiten von wesentlicher Bedeutung. Die Positionierungssoftware auf Seiten eines Rovers benötigt die Daten möglichst unverzüglich, genau wie jede Vernetzungssoftware. Erheblich verspätetes, ausbleibendes oder unregelmäßiges Eintreffen von Korrektur- oder Rohdaten zieht unter Umständen einen Genauigkeitsverlust nach sich.

5.1 Laufzeiten

Da man sich bei der Nutzung des Internet im Unterschied zu den meisten klassischen Übertragungsmedien, die vorhandene Bandbreite mit anderen Anwendern teilen muss, ist eine empirische Analyse des Laufzeitverhaltens notwendig.

Begründet durch den Umfang und die Leistung der zur Zeit vorhandenen Internet-Kommunikationsnetze stellt die reine Laufzeit auf dem Internet heutzutage kein Problem dar. Die erforderliche Bandbreite für die Übertragung von GNSS-Daten liegt mit ungefähr 0.5 kbit/s für Pseudorangekorrekturdaten, etwa 5 kbit/s für Trägerphasenkorrekturdaten und ca. 6 kbit/s für GPS/GLONASS Rohdaten weitaus geringer als für andere heutzutage übliche Anwendungen, wie beispielsweise Video-Konferenzen, die leicht das 1000fache benötigen. Empirische Tests zeigen Laufzeiten, die durchgängig unterhalb von 200 ms liegen, und zwar sowohl innerhalb Deutschlands als auch in Europa. Mit eventuellen Engpässen ist in der Regel lediglich an den Internetzugängen der Provider, der Nutzer oder des Casters zu rechnen.

Um Probleme durch zu hohe Netzauslastung am Broadcaster zu vermeiden, wird dieser für den operationellen Betrieb im Rahmen eines professionellen Server-Hostings in ein Rechenzentrum ausgelagert, welches die erforderliche Bandbreite garantiert. Die stärksten Laufzeitverzögerungen treten somit in der Regel durch zu geringe Bandbreiten und starke Netzauslastung bei der Bereitstellung und beim Abruf der Daten, sowie auf der Mobilfunkstrecke auf. Die Laufzeit der Daten hängt damit im wesentlichen von folgenden Einflussfaktoren ab:

- Netzauslastung und Bandbreite (vor allem am Server)
- Übertragungsmedium (Internet/GPRS/GSM)
- Datenmenge (RTK, DGPS)

Zusätzlich wirkt sich die Art der Korrekturdatenerzeugung wesentlich auf die Gesamtverzögerung aus. So weisen Daten, die in einer Vernetzungssoftware erst noch berechnet werden müssen, selbstverständlich ein höheres Datenalter auf, als direkt vom Empfänger generierte Korrekturdaten. Auch die Receiver selbst sind unterschiedlich schnell bei der Erzeugung der Werte.

Die Abbildung 4 zeigt eine Statistik über die Laufzeiten, eines Korrektursignals aus Brüssel (BRUS0, DGPS, ohne Trägerphaseninformationen) über den EUREF Ntrip Broadcaster nach Frankfurt. Der Datenstrom wurde dabei gleichzeitig über das Internet und über Internet plus GPRS-Mobilfunkverbindung abgerufen. Der Empfang erfolgte mittels des GNSS Internet Radios, die Laufzeiten wurden mit Hilfe des „RTCMDekoderV1.2“ ermittelt [RTCM Dekoder].

Während der zwei untersuchten Stunden bleiben fast 95% der Laufzeiten über das Internet unterhalb von einer Sekunde. Durch die Mobilfunkstrecke erhöht sich das Datenalter um durchschnittlich 0.4 Sekunden. Auch unter Verwendung von GPRS brauchen lediglich 5% aller Datensätze länger als zwei Sekunden. BRUS0 repräsentiert damit das Mittelfeld der auftretenden Verzögerungszeiten.

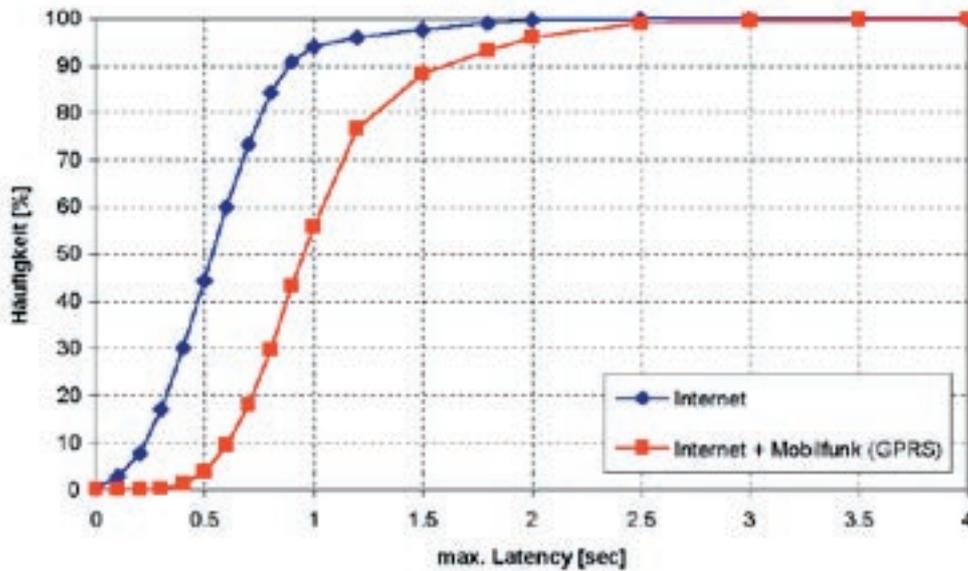


Abbildung 4: Verzögerungszeiten des Datenstroms BRUS0 (30.09.2003, Zeitraum 2h)

Trägerphasenkorrekturdaten weisen zumeist leicht höhere Laufzeiten auf als reine Codekorrekturen. Hier treten Abhängigkeiten von Netzzugang und Datengenerierung noch deutlicher zutage. Empirische Test zeigen mittlere Laufzeiten zwischen 1 und 2.5 Sekunden.

Um zu einer empfänger- und stationsunabhängigen Aussage über die reine Internetlaufzeit (vom Server über den Broadcaster zum Client) zu gelangen, wurden die Rohdaten einer Station (DREJ0) zum einen direkt in die Vernetzungssoftware integriert zum anderen nach dem Umweg über den Broadcaster. Dieser längere Weg wirkt sich im Mittel mit ca. 700 bis 800 ms auf die Verzögerungszeiten aus.

5.2 Positionierungs-Genauigkeiten

Die mit den Internet-Korrekturdaten erreichbaren Genauigkeiten richten sich natürlich in erster Linie nach dem Inhalt der verwendeten Datenströme (mit oder ohne Trägerphaseninformationen, Daten eines Netzwerks oder einer Einzelstation), nach der Entfernung zur (eventuell virtuellen) Referenzstation sowie nach der Verzögerungszeit der Daten.

Bei statischen Messungen übt das Korrekturdatenalter einen relativ geringen Einfluss auf die Koordinatengenauigkeit aus, weil zu alte Daten nicht zwingend in die Auswertung einbezogen werden müssen oder deren Auswirkung durch die Mittelwertbildung stark zurückgedrängt wird. Bei mobilen Anwendungen dagegen zählt jede Messepoche, so dass hier etwas genauere Betrachtungen notwendig sind. Es muss dabei deutlich unterschieden werden zwischen DGPS-Anwendungen niedriger Genauigkeit (im Meterbereich) und hochgenauen RTK-Anwendungen mit Trägerphasenlösung.

Im unteren Genauigkeitsbereich spielt das Alter der Korrekturdaten lediglich eine geringe Rolle. Seit der Deaktivierung des SA können selbst mit Korrekturdaten, die älter als 10 Sekunden sind, zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden. Die mit den Ntrip-Daten erreichbaren Koordinatengenauigkeiten unterscheiden sich dementsprechend nicht von den Lösungen, die auf klassischen Übertragungsmedien basieren.

Die Fixierung der Mehrdeutigkeiten bei Trägerphasenauswertungen stellt dagegen höhere Anforderungen an das Datenalter der Korrekturen. Praktische Test mehrerer Landesvermessungsämter mit Ntrip-Korrekturdaten zeigen Koordinatenfehler kleiner als 2 cm für Einzelpunktbestimmungen im Abstand von weniger als 20 km von der Referenzstation. Vergleichbare Genauigkeiten werden auch mit herkömmlicher GSM-Datenübertragung erreicht [Thüringer Landesvermessungsamt].

6 Zusammenfassung

Im Rahmen von EUREF betreibt das BKG einen Broadcaster, der GNSS-Daten unterschiedlichsten Ursprungs und Formats in Echtzeit über das Internet bereitstellt. Die Abgabe erfolgt über das neuentwickelte Format Ntrip.

Das System steht seit einigen Monaten als experimentaler Internetdienst kontinuierlich zur Verfügung und liefert zur Zeit etwa 130 verschiedene Datenströme an über 100 registrierte Nutzer. Die Verfügbarkeit des Dienstes wird durch ein externes Monitoringsystem durchgängig überwacht und dokumentiert.

Die Laufzeiten der Daten bewegen sich im unteren Sekundenbereich, womit sie die Anforderungen unterschiedlichster Anwendungsmöglichkeiten erfüllen. Die verbreiteten Korrekturdatenströme erlauben eine GPS-Positionierung, welche keine Genauigkeitsverluste gegenüber herkömmlichen Übertragungsmethoden aufweist.

Ein Ende des Experimentalbetriebs und der Übergang in eine operationelle Phase wird für das Ende des laufenden Jahres erwartet.

7 Literatur und Internet-Quellen

EUREF-IP Pilot Project:

http://www.epncb.oma.be/projects/euref_IP/euref_IP.html

Gebhard, H., G. Weber (2003):

Networked Transport of RTCM via IP (NTRIP) – Design – Protocols – Software.

RTCM Paper 167-203/SC104-315, Juni 2003

http://igs.ifag.de/index_ntrip.htm

Gebhard, H. (2003):

Nutzung der Internet-Radio-Technologie zur Übertragung von GNSS-Daten.

SAPOS® Symposium 2003, dieses Berichtsheft, 2003.

Ntrip Website:

http://igs.ifag.de/index_ntrip.htm

RTCM Dekoder:

M. Bäumker, FH Bochum

<http://www.fh-bochum.de/fb5/baeumker/homemb2.htm>

September 2003

Thüringer Landesvermessungsamt:

Anwendung von NTRIP im Thüringer Landesvermessungsamt,

Teil 2: Übertragung von Korrekturdaten zum RTK-Rover mittels NTRIP und GPRS

Juni 2003